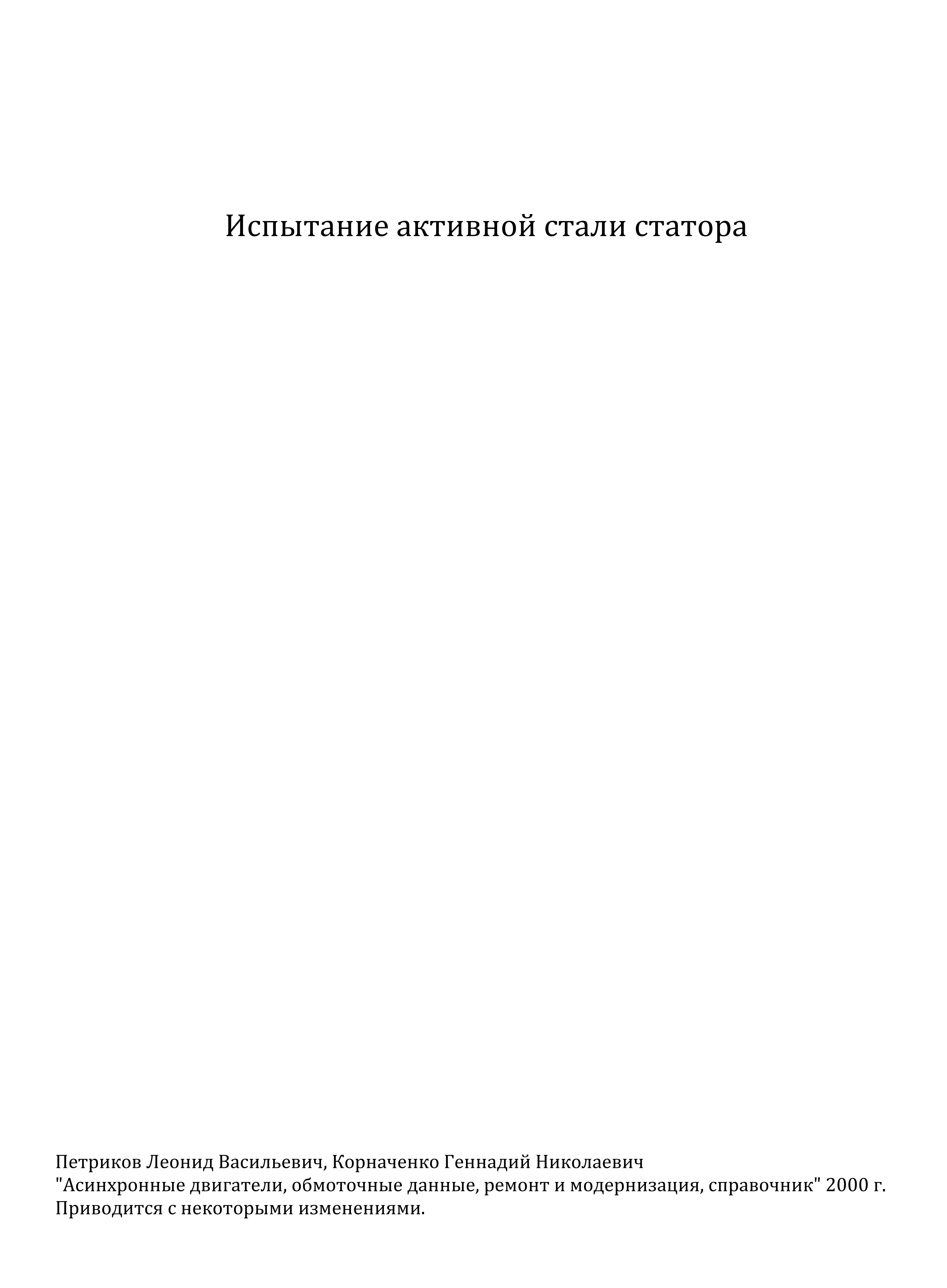


# Испытание активной стали статора

Петриков Леонид Васильевич, Корначенко Геннадий Николаевич
"Асинхронные двигатели, обмоточные данные, ремонт и модернизация, справочник" 2000 г.
Приводится с некоторыми изменениями.

Rev. 01   20 Apr 2021

После очистки от загрязнений активную сталь осматривают и производят дефектацию. На поверхностях сердечника не должно быть цветов побежалости, свидетельствующих о замыкании между листами стали, следов оплавлений, механических задиров и истираний, не обеспечивающих надежного крепления клина в пазу. В пазах не должно быть выступающих листов. Обнаруженные дефекты отмечают мелом и заносят в ведомость дефектов. По результатам осмотра устанавливают вид ремонта сердечника. Сердечники с отремонтированной сталью подвергают испытаниям.

Максимальное превышение температуры отдельной точки сердечника над температурой окружающей среды по истечении 90 *мин*. не должно быть более 45°С. Максимальная разность превышений температур отдельных зубцов сердечника по истечении 90 *мин*. не должна быть более 25°С.

Устранение замыканий между листами сердечника статора производят специально заточенным тонким и узким ножом. Листы зубцов разводят и на возможно большую глубину, не менее 10–15 *мм*. устанавливают пластины слюды толщиной 0,05 – 0,07 *мм*. на лаке. Можно использовать эпоксидную смолу ЭД–16 или ЭД–20 с отвердителем полиэтиленполиамином в соотношении 1:10. Обширное замыкание листов активной стали на роторе (особенно если ротор в процессе работы истирался о статор и сталь имеет следы трения) устраняют общей проточкой стали ротора до устранения замыкания листов с последующим травлением азотной кислотой. При этом необходимо уложиться в допуски по воздушному зазору.

Ремонт оплавленных участков выполняется если сталь повреждена на одном–двух зубцах не более 10% длины сердечника. Оплавленные участки вырубают на глубину, где нет сплавленных между собой листов сердечника и остатков расплавленной меди. Заусенцы между листами удаляют с помощью шабера или шлифовальной машинки с мелкозернистым абразивным камнем. Механически обработанную поверхность сердечника необходимо протравить 70% азотной кислотой.

Испытание сердечника проводят в целях проверки наличия и значений превышений температуры отдельных пакетов сердечника статора, возникающих из–за замыканий между листами, и определения удельных потерь в спинке сердечника.

При испытании в спинке сердечника статора создают переменный магнитный поток с индукцией $B$ = 1 *Тл* при частоте 50 *гц* с помощью специально намотанной намагничивающей обмотки из изолированного провода (без металлической оболочки). Для обеспечения формы кривой напряжения, близкой к синусоидальной, рекомендуется на намагничивающую обмотку подавать линейное, а не фазное напряжение.

Напряжение источника питания по условиям электробезопасности следует выбирать, по возможности наименьшим. Число витков намагничивающей обмотки $w_1$ подбирают так, чтобы намагничивающий ток $I_1$ соответствовал возможностям источника питания. Для контроля магнитного потока на сердечник наматывают, кроме намагничивающей обмотки, также контрольную обмотку.

## 1. Расчет намагничивающей и контрольной обмоток.

1. 1. Все обозначения расчетных величин и исходные данные для расчета обмоток и полученные данные при испытании приводятся в протоколе испытания сердечника.

1. 2. Коэффициент заполнения сердечника электротехнической сталью, покрытой лаком, принимают по таблице:

| Толщина листов сердечника статора, *мм*. | коэффициент заполнения сталью, $K_C$ |
|---|---|
| 0,35 | 0,9 |
| 0,5 | 0,93 |

1. 3. Напряжение, *в*, на один виток намагничивающей обмотки:

$$U_0 = \frac{k \times Q_C}{45}$$

где: $k$ = 1,1 – 1,25 (бо̀льшие значения относятся к сердечникам с бо̀льшим внутренним диаметром); $Q_C$ – площадь сечения спинки сердечника статора, $см^2$:

$$Q_C = (l - n \times b_K) \times h_C \times K_C$$

$l$ – длина сердечника, *см*., $n$ – количество вениляционных каналов, $b_К$ – ширина вентиляционных каналов, *см*., $h_С$ – высота спинки статора, *см*., $K_С$ – коэффициент заполнения сталью сердечника.
При отсутствии вентиляционных каналов:

$$Q_C = l \times h_C \times K_C$$

где $h_С$ – высота спинки, *см*.:

$$h_C = \frac{1}{2} \times (D_{\text{Н}} - Di - 2 \times h_{\text{П}})$$

где: $D_Н$ – диаметр статора наружный, *см*., $Di$ – диаметр расточки статора, внутренний диаметр, *см*., $h_П$ – высота паза (глубина), *см*.
1. 4. Число витков намагничивающей обмотки:

$$w_1 = \frac{U_1}{U_0} = \frac{45 \times U_1}{k \times Q_C}$$

где $U_1$ – напряжение, *в*, намагничивающей обмотки от имеющегося источника напряжения для испытания. Полученный результат (число витков) округлить до ближайшего целого числа.
1. 5. Ток потребляемый намагничивающей обмоткой, *А*:

$$I_1 = \frac{(1{,}05 \div 1{,}1) \times \pi \times D_0 \times AW}{w_1}$$

где: $D_0$ – диаметр середины спинки сердечника, *см*.: $D_0 = D_Н - h_С$, $AW$ – МДС, *А/см*, для отечественных марок электротехнической стали выбирают по таблице:

| марка стали | МДС, *А/см* | примечание |
|---|---|---|
| 1411 | 2,4 – 2,5 | горячекатаная |
| 1511, 1512, 1513 | 2,5 – 3 | холоднокатаная |
| 3411, 3412, 3413 | 2 – 2,5 | |

1. 6. При неизвестной марке стали принимают МДС равной $AW$ = 2,5 – 3 *А/см*.
1. 7. Сечение медного провода для намагничивающей обмотки выбирают из расчета плотности тока:

$$J = 2 \div 3{,}5 \text{ А/мм}^2 \qquad s_{\text{ПРОВОДА}} = \frac{I_1}{J}$$

1. 8. Число витков контрольной обмотки:

$$w_2 = \frac{45 \times U_2}{k \times Q_C}$$

где: $U_2$ – напряжение на выводах контрольной обмотки (выбирают по пределам измерения ваттметра и вольтметра, подключенных к этим выводам), *в*.

1. 9. Подводимая (полная) мощность, необходимая для питания намагничивающей обмотки при испытании, *кВА*:

$$P_0 = U_1 \times I_1 \times 10^{-3}$$

1. 10. Масса сердечника статора без зубцов, *кг* (значение веса необходимо для вычисления потерь *Вт* на *кг* стали):

$$G = 3{,}14 \times \gamma \times Q_C \times D_0$$

здесь $\gamma$ – плотность электротехнической стали сердечника, *кг/дм*$^3$, $D_0$ – диаметр середины спинки сердечника, *см.*, $D_0 = D_{\text{Н}} - h_{\text{С}}$, $Q_{\text{С}}$ – сечение спинки статора.
Для отечественных марок электротехнической стали плотность в таблице:

| марка стали | плотность, *кг/дм*$^3$ |
|---|---|
| 1411, 3411, 3412, 3413, 1511, 1512, 1513 | 7,65 |

При не известной марке стали принимается $\gamma$ = 7,68 *кг/дм*$^3$ и тогда формулу п. 1. 10 можно представить в виде:

$$G = 24{,}11 \times Q_C \times D_0$$

Удельные потери, *Вт* в статоре:

$$P_{\text{ПОТ}} = \frac{40 \times K_{\text{ТР}} \times \frac{w_1}{w_2} \times P_{\text{В}}}{Q_{\text{С}} \times (D_{\text{Н}} - h_{\text{С}})}$$

$K_{\text{ТР}}$ – коэффициент трансформации трансформатора тока (см. схему ниже), $P_{\text{В}}$ – показания ваттметра контрольной обмотки (мощность контрольной обмотки).
Если в намагничивающей обмотке индукция не 1 *Тл*, ($U_2$ не равно расчетному) то формула приведения к этому значению удельных потерь:

$$P_{\text{ПРПОТ}} = \frac{P_{\text{ПОТ}}}{B^2}$$

Удельные потери, *Вт* на *кг* стали статора:

$$P_{\text{ВТКГ}} = \frac{P_{\text{ПОТ}}}{G} \quad \text{или} \quad P_{\text{ВТКГ}} = \frac{P_{\text{ПРПОТ}}}{G}$$

Удельные потери, приведенные к индукции 1 *Тл*, не должны превышать:

для горячекатанных высоколегированных сталей 2,5 *Вт/кг*.
для холоднокатаных сталей 1,7 *Вт/кг*.

## 2. Сборка схемы и подготовительные работы.

2. 1. Схема испытаний приведена на рис. 1.
2. 2. Намагничивающую обмотку наматывают на сердечник статора, располагая ее тремя группами под углом 120° или равномерно по длине окружности. На перегибах под провод подкладывают изоляционные прокладки из дерева, электротехнического или асбестового картона.
2. 3. Наматывают контрольную обмотку. Провод контрольной обмотки должен плотно прилегать к внутренней поверхности статора.
2. 4. В цепи питания намагничивающей обмотки устанавливают измерительный трансформатор тока, при необходимости трансформатор напряжения или добавочный резистор к вольтметру. Номинальный ток трансформатора тока должен соответствовать намагничивающему току $I_1$.

Намагничивающую обмотку присоединяют к источнику питания через предохранители (выключатель, рубильник), выбираемые по току потребляемому обмоткой.

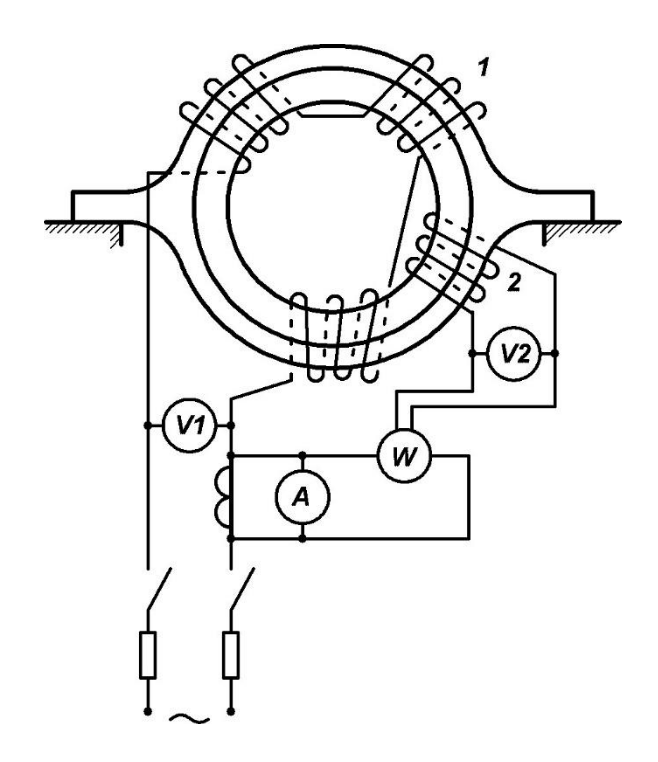



Рис. 1. Схема испытания активной стали статора:
1 – намагничивающая обмотка,
2 – контрольная обмотка.
*W* – ваттметр, А – амперметр, *V*1, *V*2 – вольтметры.

2. 5. Собирают цепь схемы контрольной обмотки. Напряжение на контрольной обмотке должно быть близким к номинальному напряжению ваттметра.
2. 6. Показания вольтметра, измеряющего напряжение в цепи контрольной обмотки, должны составлять не менее ⅔ шкалы.
2. 7. Корпус статора заземляют.
2. 8. Термопары устанавливают в пазах, обеспечивая плотное прилегание их к сердечнику с помощью клиньев из негорючего материала. Устанавливают термометры в пазы сердечника статора и термометр на расстоянии 1 – 2 *м*. от двигателя для измерения температуры окружающего воздуха.
2. 9. Производят пробное включение намагничивающей обмотки, записывают показания всех приборов, затем показания приборов сверяют с расчетными значениями. При необходимости изменяют число витков намагничивающей и контрольной обмоток (доматывают или отматывают витки до получения индукции 1 *Тл*).

3. Проведение испытаний, обработка результатов.

3. 1. Включают напряжение. Через 10 минут напряжение отключают, на ощупь проверяют нагрев зубцов сердечника по всей внутренней поверхности статора, выбирают наиболее холодные три–четыре зубца и устанавливают в них термопары и термометры согласно п. 2. 8.
3. 2. Включают напряжение и через 10 минут вновь отключают. Отыскивают на ощупь зубцы имеющие повышенный нагрев и отмечают мелом. В этих зубцах также устанавливают термопары, термометры.

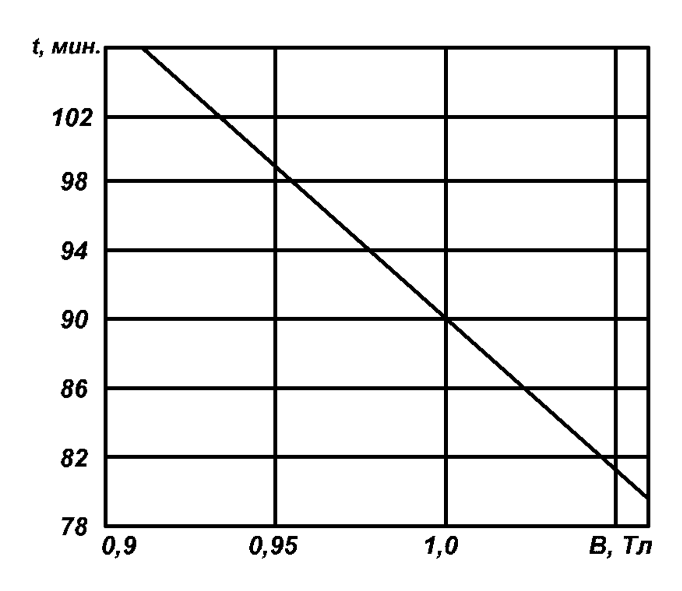



Рис. 2. Длительность прогрева сердечника статора в зависимости от индукции.

3. 3. Составляют эскиз расположения термопар и термометров при испытании.
Примечание. В участках сердечника статора, подвергавшихся ремонту, обязательно устанавливают термодатчики.
3. 4. Производят запись показаний приборов до начала испытаний.
3. 5. Включают напряжение и в течение 90 *мин*. ведут прогрев сердечника статора. Если значение индукции отличается от заданной (1 *Тл*), необходимо время прогрева изменить в соответствии с графиком на рис. 2.
3. 6. Испытания сердечника немедленно прекратить, отключив питание, если температура какой–либо точки достигает 100°С, если возникнут искры или появится дым.
3. 7. Показания всех приборов записывают в формуляр протокола. По окончании испытания сердечника оформляют протокол испытания сердечника с заключением о его состоянии.